

Cinpar
2011

7º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
Fortaleza (Brasil), 2 a 4, junho de 2011

7th International Conference on Structural Defects and Rehabilitation
Fortaleza (Brazil), 2 to 4, June of 2011

7to Congreso Internacional sobre Patología e Rehabilitación de Estructuras
Fortaleza (Brasil), 2 al 4 de junio de 2011

Contribuição à Análise da Resistência do Concreto em Estruturas Existentes. Edificações.

Paulo Helene

*Presidente ALCONPAT Internacional
fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
Diretor PhD Engenharia
Conselheiro IBRACON*



Local: Hotel

Cidade: Antigua – Guatemala

Preço: até 30/06 : US350

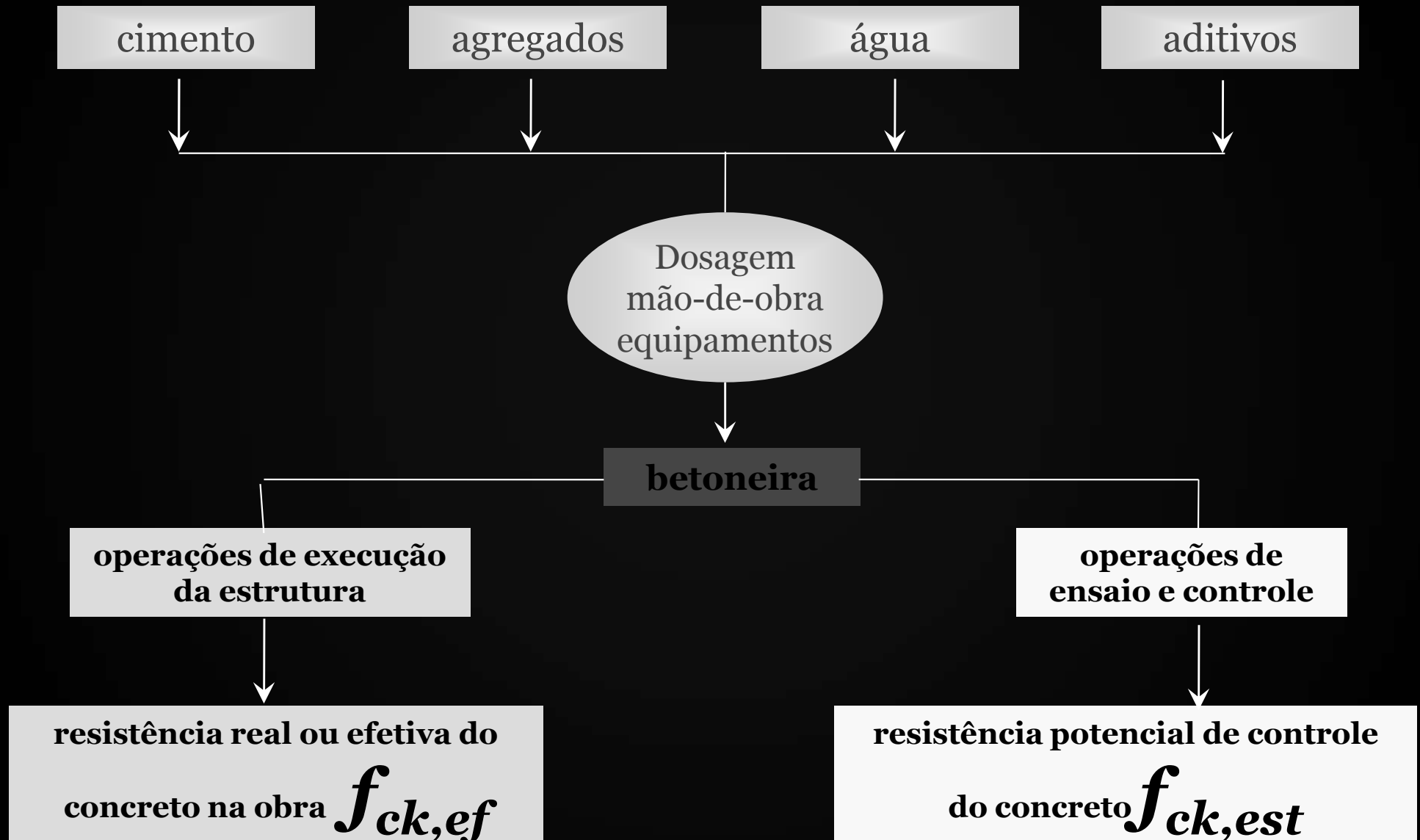
Hotel: US 100/dia

Incluído: café da manhã, comida, chá da tarde, anais, jantar de confraternização com baile

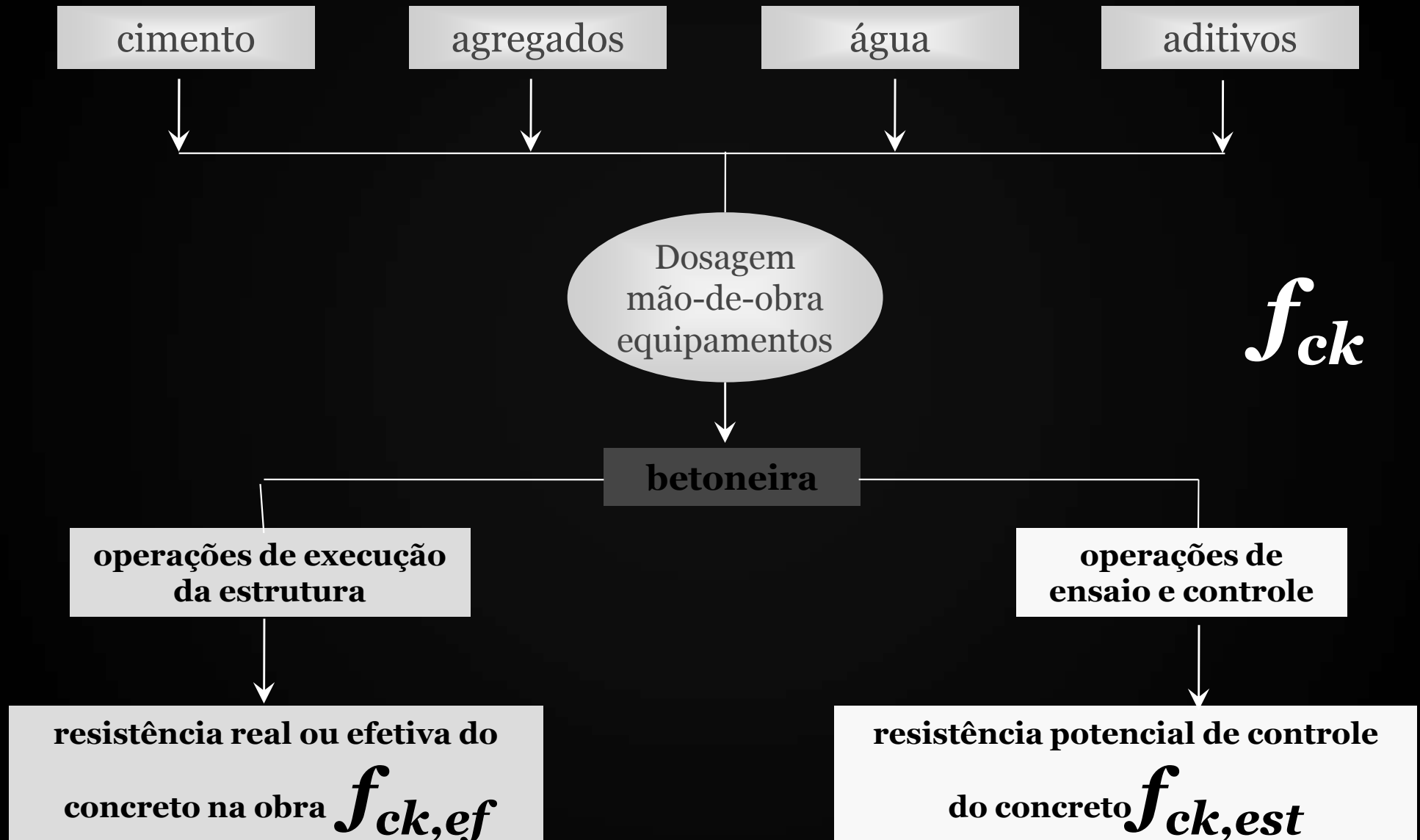
www
alconpat.org

- ✓ **Membresía**
 - ✓ **Suscripción gratuita**
-

resistência do concreto



resistência do concreto



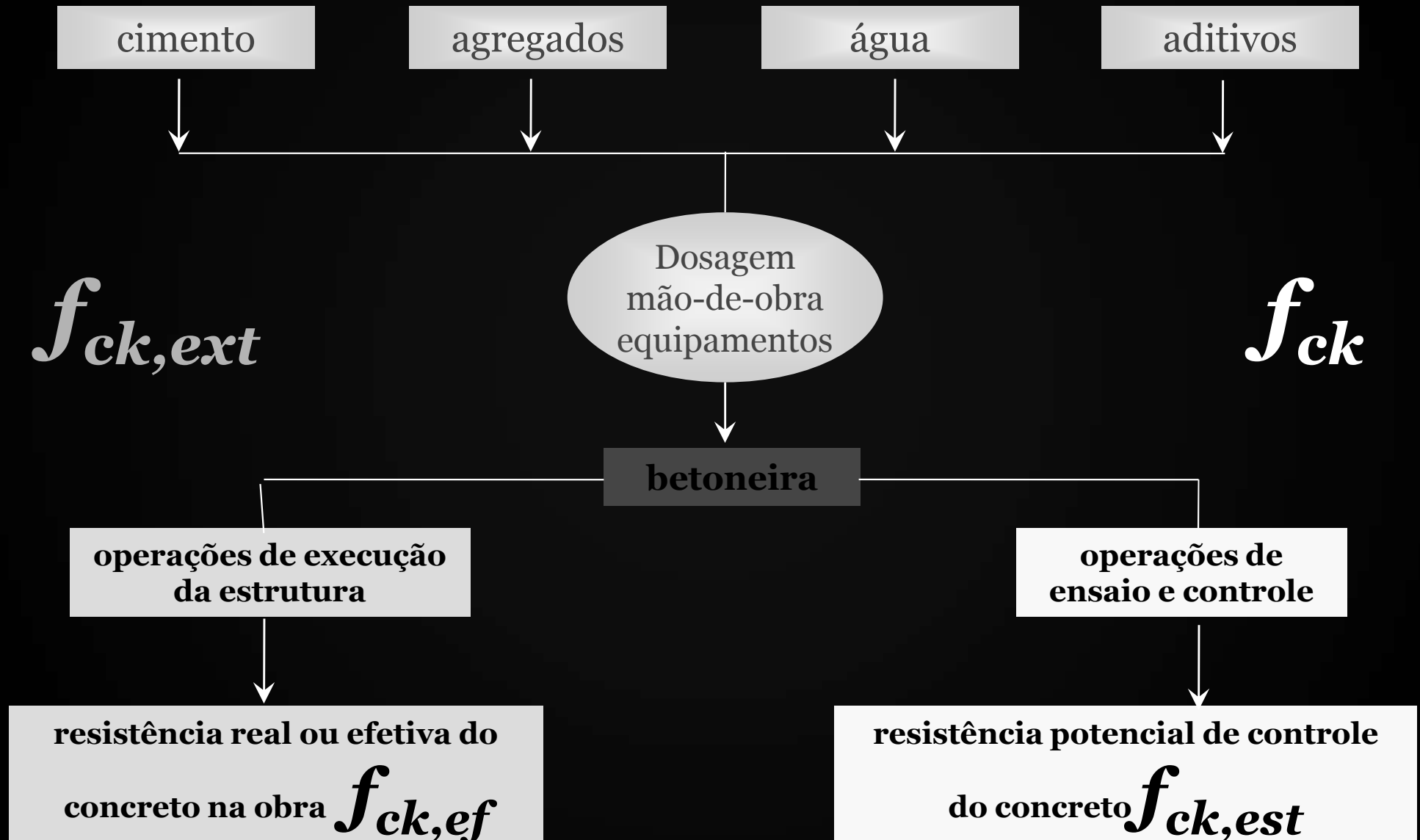
$f_{ck,ef} \rightarrow$ impossível de ser conhecido

$$f_{ck,ef} \text{ ou } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

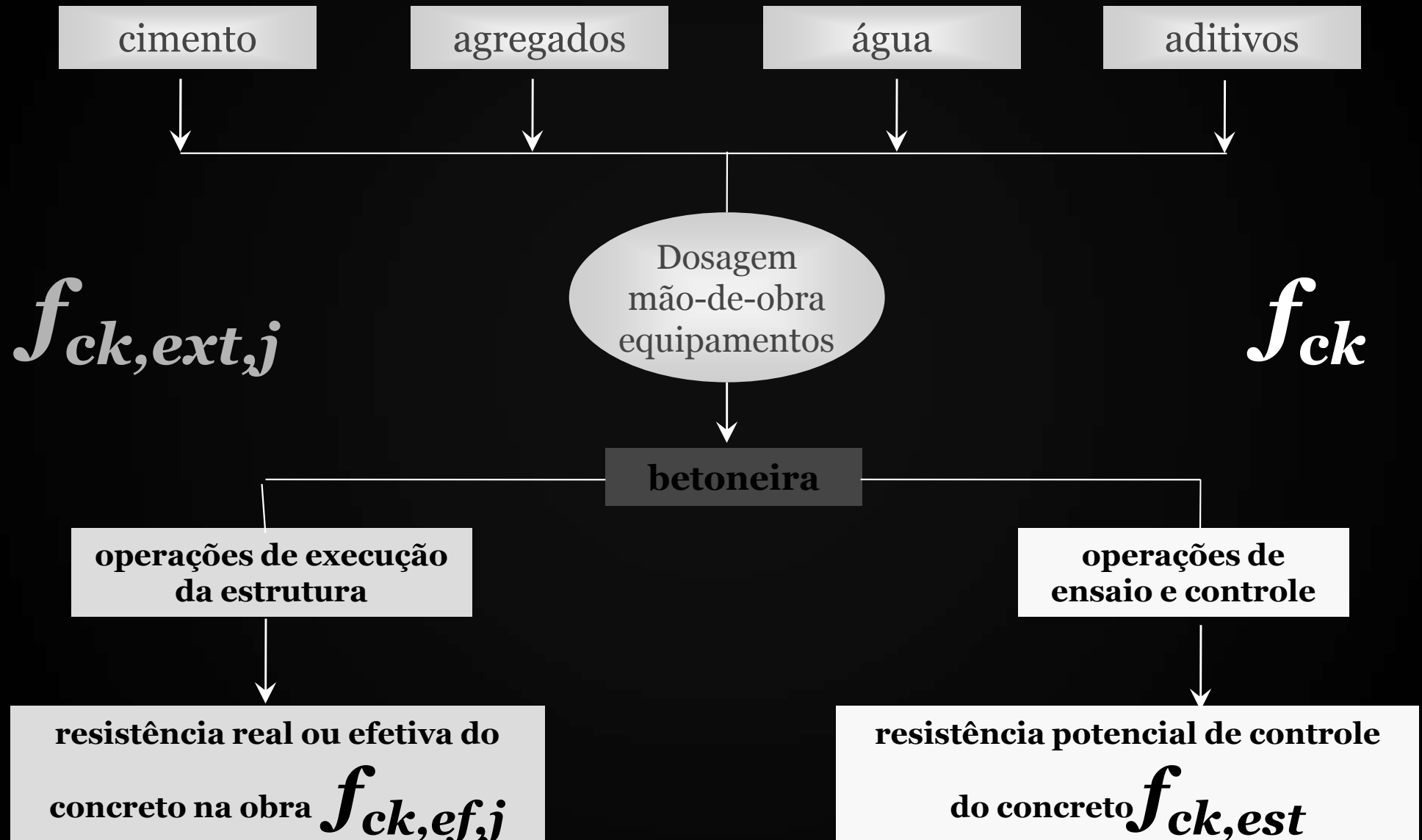
$\gamma_c = 1,4$ ou (EUROCODE 1,5)

$$f_{ck} = 30MPa \quad \longrightarrow \quad f_{ck,ef} \text{ ou } f_{cd} = 20MPa$$

resistência do concreto



resistência do concreto



Problema:

conhecido $f_{ck,ext,j}$ como encontrar o f_{ck} de projeto equivalente que será utilizado para fins de verificação da segurança

$$f_{ck} = 30MPa \quad \curvearrowright \quad f_{ck,ef} \text{ ou } f_{cd} = 20MPa$$

Preliminares

Um concreto conforme é aquele que apresenta resistência à compressão igual ou superior ao f_{ck} de projeto em 95% do volume de concreto da estrutura em construção.

Por exemplo: numa estrutura de edifício com 20 andares de $100m^3$ por andar resulta um volume total da ordem de $2.000m^3$ de concreto.

Em princípio $100m^3$ (cerca de 12 caminhões-betoneira) poderia apresentar resistência abaixo de f_{ck} e o concreto estaria conforme.

Preliminares

*Portanto é preciso saber **CONVIVER** com esse problema.*

*É preciso saber **ONDE** está esse concreto e **QUAL** sua resistência.*

*Só sabe quem **CONTROLA**.*

Um caminhão-betoneira pode concretar 10 pilares !

concreto em estrutura existente

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

Normatização Internacional

- 1. fib(CEB-FIP) Model Code 2010. Draft Model Code. March 2010. Bulletin 55. v.1*
 - 2. fib(CEB-FIP) Bulletin 22 Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures. State-of-art Report. 304p. 2003.*
 - 3. fib(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999. Structural Concrete. updating CEB/FIP Model Code 90)*
 - 4. fib(CEB-FIP) bulletin n.54. v.4. October 2010. Manual, Textbook on Behavior, Design and Performance. Structural Concrete*
 - 5. ISO 13822:2010. Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization. 2010. 44 p.*
-

Normatização Internacional

6. *EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*
 7. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
 8. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
 9. *ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.*
-

Normatização Internacional

6. *EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*
 7. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
 8. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
 9. *ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.*
-

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

2.4.2.4 Partial factors for materials

1. Partial factors for materials for ultimate limit states, γ_c and γ_s should be used.

Note: The recommended values for design situations are given in Table 2.1N.

these are not valid for fire design for which reference should be made to EN 1992-1-2.

Table 2.1N: Partial factors for materials for ultimate limit states

design situations	γ_c for concrete	γ_s for reinforcing steel
persistent & transient	1,5	1,15
accidental	1,2	1

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

2. The values for partial factors for materials for serviceability limit state verification should be taken as those given in the particular clauses of this Eurocode. **Note:** The recommended value for situations not covered by particular clauses of this Eurocode is **1,00**.

3. Lower values of γ_c and γ_s may be used if justified by measures reducing the uncertainty in the calculated resistance. **Note:** Information is given in Informative Annex A.

Annex A → Modification of Partial Factors for Materials

A.2 In situ concrete structures

A.2.1 Reduction based on quality control and reduced deviations

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

(1) If execution is subjected to a quality control system, which ensures that unfavorable deviations of cross-section dimensions are within the reduced deviations given in Table A.1, the partial safety factor for reinforcement may be reduced to $\gamma_{s,red1} = 1,1$.

(2) Under the condition given in A.2.1 (1), and if the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10 %, the partial safety factor for concrete may be reduced to $\gamma_{c,red1} = 1,4$.

A.2.2 Reduction based on using reduced or measured geometrical data in design

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

(1) If the calculation of design resistance is based on critical geometrical data, including effective depth, which are either:
a. reduced by deviations, or, b. measured in the finished structure, the partial safety factors may be reduced to $\gamma_{s,red2} = 1,05$ and $\gamma_{c,red2} = 1,45$.

(2) Under the conditions given in A.2.2 (1) and provided that the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10%, the partial factor for concrete may be reduced to $\gamma_{c,red3} = 1,35$.

A.2.3 Reduction based on assessment of concrete strength in finished structure

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

(1) For concrete strength values based on testing in a finished structure or element, see EN 13791, EN 206-1 and relevant product standards, γ_c may be reduced by the conversion factor $\eta = 0,85$.

Resumindo:

✓ *estrutura bem executada → revisar a segurança adotando:*

$\gamma_s = 1.05$ (ao invés de 1.15)

$\gamma_c = 1.35$ (ao invés de 1.50)

✓ *a partir de testemunhos extraídos revisar adotando:*

$f_{c,j} \approx 1.18 \cdot f_{c,ext,j}$

ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.

Chapter 9. Item 9.1 → Conversion of core strengths to equivalent in-place strength

$$f_c = F_{h/d} * F_{dia} * F_{mc} * F_d * f_{core}$$

$F_{h/d}$ → depende de h/d ($h/d = 2 \rightarrow 1$ e $h/d \rightarrow 1 \rightarrow 0,87$)

F_{dia} → depende do diâmetro ($f=150\text{mm} \rightarrow 0,98$; $f=100\text{mm} \rightarrow 1,00$; $f=50\text{mm} \rightarrow 1,06$)

F_{mc} → depende do sazramento (padrão = 1,00; submerso 2d = 1,09; seco 7d = 0,98)

F_d → correção efeito deletério do broqueamento = 1,06

observar que para um testemunho de diâmetro 5cm, com $h/d=2$ e rompido submerso / saturado, $f_c = 1 * 1,06 * 1,09 * 1,06 * f_{core} \rightarrow f_c = 1,225 * f_{core}$

*ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural
Concrete. 2008. 470p.*

Chapter 5. Concrete Quality, Mixing, and Placing

Item 5.6.5 Investigation of low-strength test results:

...concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if the average of three cores is equal to at least 85 percent of f'_c and if no single core is less than 75 percent of f'_c ... (*corresponde a $f'_c = 1,18 * f_{core,av}$ ou $f'_c = 1,33 * f_{core,min}$*)

5.6.5 comments → ...core tests having an average of 85 percent of the specified strength are realistic. To expect core tests to be equal to f'_c is not realistic, since differences in the size of specimens, conditions, of obtaining samples, and procedures for curing, do not permit equal values to be obtained...

5.6.5.5 ...if criteria of 5.6.5.4 are not met and if the structural adequacy remains in doubt...strength evaluation accordance with chapter 20...

ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

20.2.3 ...for strength evaluation of an existing structure, cylinder or core test data shall be used to estimated an equivalent f'_c . The method for obtaining and testing cores shall be in accordance with ASTM C42M...

20.2.5 ...it shall be permitted to increase the strength reduction factor ϕ but ϕ shall be according with Table 20.2.5.1

Table 20.2.5.1 Factor ϕ to reduce the concrete strength.

sections	item 9.3.2	item 20.2.5	aumento
tension controlled sections	0,90	1,00	1,11
compression controlled sections			
members with spiral reinforcement	0,75	0,90	1,20
other reinforced members	0,65	0,80	1,23
shear and/or torsion	0,75	0,80	1,06
bearing on concrete (engastar)	0,65	0,80	1,23

*ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural
Concrete. 2008. 470p.*

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

Obs.:

Um simples cálculo demonstra que esse aumento no coeficiente de redução da resistência do concreto, de 6% a 23% significa reduzir, para fins de comparação, o coeficiente de minoração, γ_c de 1,5 para γ_c de 1,22 a 1,40. Em compressão cintada passaria de $\gamma_c = 1,5$ para $\gamma_c = 1,25$;

*Observar que se trata de uma redução dupla: primeiro achar o f'_c equivalente no qual $f'_c = 1,18 * f_{core,av}$ ou $f'_c = 1,33 * f_{core,min}$ e, posteriormente se não aprovar, reduzir o coeficiente de minoração γ_c para até 1,22.*

resumo normas internacionais

duas partes bem distintas:

1. Uma primeira relativa a ensaio, ou seja, passar de $f_{c,ext}$ a f_c equivalente, para a qual algumas normas chegam até a recomendar explicitamente um especialista em tecnologia de concreto. Corresponde à inspeção da estrutura, pacometria, esclerometria e ultrassom, amostragem, extração, prumo, excentricidade, medidas geométricas “as built” de campo, transporte dos testemunhos, preparação dos topos, sazonalidade, ensaio de ruptura e correção do resultado para obter $f_c = \lambda * f_{c,ext}$

resumo normas internacionais

2. Uma segunda relativa à verificação da segurança, ou cálculo da segurança estrutural na qual é alterado o coeficiente de minoração da resistência do concreto, ou o coeficiente global de segurança, ou o coeficiente β de confiabilidade, segundo seja o método de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto preferido pelo projetista. Em todos os casos é recomendado aceitar coeficientes γ_M de minoração da resistência dos materiais ou β de confiabilidade, inferiores aos utilizados normalmente no projeto (verificação) da segurança em estruturas novas.

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

TESE de DOUTORADO

CREMONINI, R. A. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre as Resistências Potencial e Efetiva do Concreto. São Paulo, EPUSP, 1994.

Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e efetiva do concreto em obras convencionais de edificação em execução. Contribuição ao estudo do γ_c .
 - **Resistência potencial** = corpos de prova cilíndricos moldados NBR 5738 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*
 - **Resistência efetiva** = testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*
-

EXPERIMENTO

- 10 obras correntes de edifícios habitacionais em fase de execução das estruturas de concreto. Resistência à compressão $20\text{MPa} < f_{ck} < 35\text{MPa}$.

- **Pilares**

- 06 obras → concreto produzido na obra (500L)
 - 17 lotes → 17 andares
 - volume total de concreto 129 m^3
 - média de 6 cps moldados por lote → 28dias
 - média de 6 cps extraídos por lote → 28dias
 - extração no terço inferior (arranque)
 - 102 cps → 102 testemunhos
-

EXPERIMENTO

■ **Lajes e (vigas)**

- 06 obras → concreto de Central
 - cps extraídos das lajes maciças *10cm a 15cm*
 - 15 lotes (lajes e vigas) → 15 andares
 - 8 a 11 caminhões por andar
 - volume total de concreto de 1.195 m^3
 - 2 cps / caminhão → vale maior
 - média de 6cps extraídos por lote → 28dias
 - média dos n exemplares moldados do lote → 28dias
 - 90 cps extraídos *7,5cm x altura laje*
 - 142 exemplares moldados *10cm x 20cm*
-

RESULTADOS

Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$
OB1L1	1,07	OB4L1	1,14	OB6L3	1,18	OB9L2	1,21
OB1L2	1,25	OB4L2	1,39	OB7L1	1,38	OB9L3	1,29
OB2L1	1,12	OB4L3	1,40	OB7L2	1,19	OB10L1	1,39
OB2L2	1,31	OB5L1	1,05	OB7L3	0,96	OB10L2	1,62
OB2L3	1,18	OB5L2	1,51	OB8L1	1,09	OB10L3	1,05
OB3L1	1,18	OB5L3	1,45	OB8L2	1,02	OB11L1	1,46
OB3L2	1,23	OB6L1	1,17	OB8L3	1,13	OB11L2	1,36
OB3L3	1,33	OB6L2	1,40	OB9L1	0,99	OB12L1	1,11

$f_c/f_{c,ext}$ = relação entre a resistência média de corpos de prova moldados e resistência média de testemunhos

Obras 1 a 6 – Pilares

Obras 7 a 12 – Lajes e (vigas)

RESULTADOS $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$

estatística	pilares	lajes e (vigas)
mínimo	1.05	0.96
máximo	1.51	1.62
média	1.24	1.20
s_c	0.14	0.19
v_c	11%	16%
	$\phi_{\text{moldado}} \approx \phi_{\text{extraído}}$	$\phi_{\text{moldado}} > \phi_{\text{extraído}}$
	h/d=2	h/d≠2
	cp_{ext} ortogonal lanç.	cp_{ext} paralelo lanç.

Conclusões

pilares:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.24$$

lajes & (vigas)

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.20$$

TESE de DOUTORADO

VIEIRA Filho, J. O. Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento. São Paulo, EPUSP, 2007.

José Orlando Vieira Filho. Prof. Titular UNICAP

OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e a efetiva do concreto em paredes/blocos moldados especificamente para esse propósito (lab.). Contribuição ao estudo do efeito deletério de “**broqueamento**”.
 - **Resistência potencial** → 480 corpos de prova cilíndricos moldados NBR 5738 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm & 15cm x 30cm*
 - **Resistência efetiva** → 930 testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) *15cm x 30cm; 10cm x 20cm; 7.5cm x 15cm; 5cm x 10cm e 2.5cm x 5cm*
-

EXPERIMENTO

- 56 blocos/paredes de espessura de 35cm x 2.10m altura x 1.45 m construídos no canteiro de uma Central de concreto. Situação ideal!
 - Resistências à compressão de: 20MPa; 40MPa; 50MPa; 65MPa e 70MPa.
 - Cura seca e cura úmida;
 - Idade de 28dias e 91dias e slump 100mm;
 - Direção de extração ortogonal à concretagem.
-







Parede/bloco perfurada

Conclusões

1. os valores de $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$ entre 1,01 e 1,40 correspondem a 100% dos resultados obtidos
2. todos “broqueamento”:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.07$$

3. os testemunhos de diâmetro 5cm e 2.5cm tendem a médias superiores porém maior variabilidade. Refletem melhor quando f_c é igual ou superior a 50MPa.
 4. vale a pena consultar as demais conclusões...
-

Conclusões das Teses

Efeito deletério do “broqueamento”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \bullet 1,07$$

Efeito deletério do “broqueamento + outras variáveis”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \bullet 1,24$$

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118

É 100%
exato?

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118

Não!

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118 → Projetistas

- não respeitam classes de agressividade. SP e RJ → III;
 - não respeitam cobrimento nominal → consideram controle rigoroso;
 - não respeitam armadura mínima;
 - adotam módulo incompatível com materiais;
 - interpretam errado a norma quanto a lotes;
 - não sabem interpretar resultados de testemunhos;
-

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118 → Projetistas

o item 15.8.3 permite que o dimensionamento de pilares esbeltos seja feito através de 4 métodos de cálculo diferentes:

- ✓ o método do pilar-padrão com *curvatura aproximada*, $1/r$
 - ✓ o método do pilar-padrão com *rigidez aproximada*, k
 - ✓ o método do pilar-padrão acoplado a diagramas M, N, $1/r$
 - ✓ o método geral (*mais preciso*)
-

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118 → Projetistas

Edifício de 20 andares

Pilar de $a_x = 26\text{cm}$ por $a_y = 39\text{cm}$

Força normal: 62tf

Momentos topo: $m_x = -1,4\text{tf.m}$ e $m_y = 5.7\text{tf.m}$

Momentos na base: $m_x = 2,85\text{tf.m}$ e $m_y = -2,85\text{tf.m}$

Vento 40m/s

$f_{ck} = 35\text{MPa}$

método	As (cm²)	barras
curvatura aproximada	18,85	8 ϕ 16
rigidez aproximada	12,07	6 ϕ 16
M, N e 1/r	7,36	6 ϕ 12,5
geral	4,71	6 ϕ 10

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

concreto devia ser
35MPa
mas deu menos
e agora?!

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

qual o método utilizado
pelo calculista?

método da curvatura
aproximada

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				8 ϕ 16
rigidez aproximada			8 ϕ 16	
M, N e 1/r		8 ϕ 16		
geral	8 ϕ 16			

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				8 ϕ 16
rigidez aproximada			8 ϕ 16	
M, N e 1/r		8 ϕ 16		
geral	8 ϕ 16			

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

concreto devia ser
35MPa
mas deu menos
e agora?!

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

qual o método utilizado
pelo calculista?

método geral
mais preciso

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				
rigidez aproximada				
M, N e 1/r				
geral	8 ϕ 16	6 ϕ 16	6 ϕ 10	6 ϕ 10

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				
rigidez aproximada				
M, N e 1/r				
geral	8 ϕ 16	6 ϕ 16	6 ϕ 10	6 ϕ 10

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118 → Projetistas

falha de projeto, além de prejuízos financeiros e mal comportamento, pode derrubar estruturas?

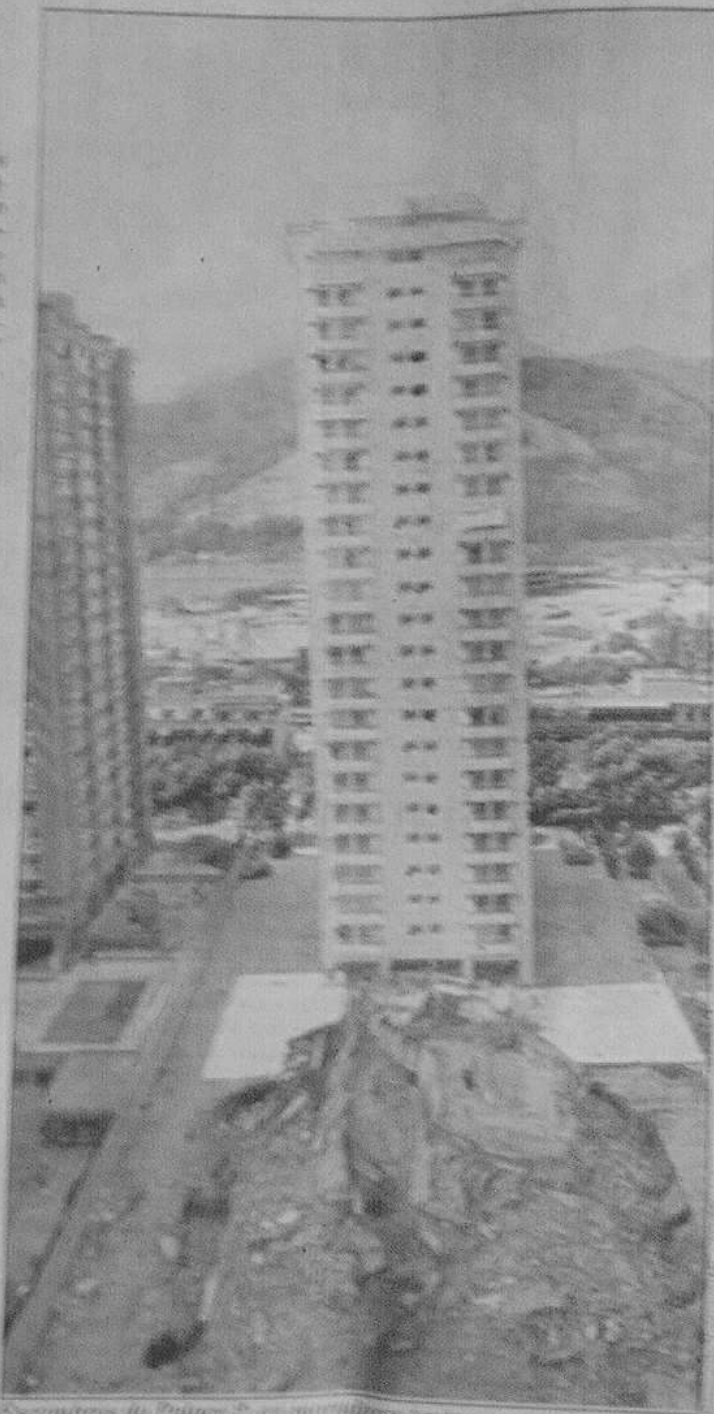
Edifício Palace II
Rio de Janeiro
Carnaval de 1998
terça de carnaval à tarde
5anos!



heje da
unidades
nova

também de
maior ad
er, mas no
estava abo
ado, esses
momentum
nova criada
es e geógr
possíveis
para os re.

ndo. Sem
logue que a
es mercat
passada a
e o contr
com esse
"o Naga"
linha de
no Dia de
na do Mi
e março).
do o por
lambrou na
na, "a de
governo
aquilo que
atua para
certo por
que os olo
empresari
entre os de
di." Quer
sua dizer
to contr
ar infen
to gover
nitos dos
a super
resgata
na Naga
e guar
na que
lambur
a repres
entando
retores.
situaçã
nos por
Ardena
na 1960



Escritórios do Palácio 2, as unidades também são resuscitadas

Papéis e participações engenheiro

Sergio Domingues
diz que não
da consi
Publ

ENQUÊ

R 60 - Documentos
um ram
para Ser
tem em nome do
Edifício Palácio
situação do em
Xurupió Domingues
co da empresa.

Entre os docu
mentos bilhetes e m
nados por Domí
no mestre de obra
Admir Ruy Mac
da compra de
outra.

Os bilhetes, qu
ex de construção
nos 1986 e 1988
versão apresen
gues à polícia, d
trabalhado na c
dicações de que o
troupe das obra
legitimidade de
de Polícia. Para
os. Alberto Nune
sinal pelo inqu
caso. Ele passou
um mês em

Um dos bilhet
Domingues em
dologista Publ
deputado Sergio
documentos, ha
tas fiscais, tal
empresa, comp
himento de l
agenda do mes
e dezembro de
ce 2 e o contr
des apertados.

Indicamento
não encontrou
guença no Inst
Assessor Carlos
legatário indico

RA FUNDA ÚLTIMAS UNIDADES

Edifício Real Class

Belém do Pará

34 pavimentos

105m

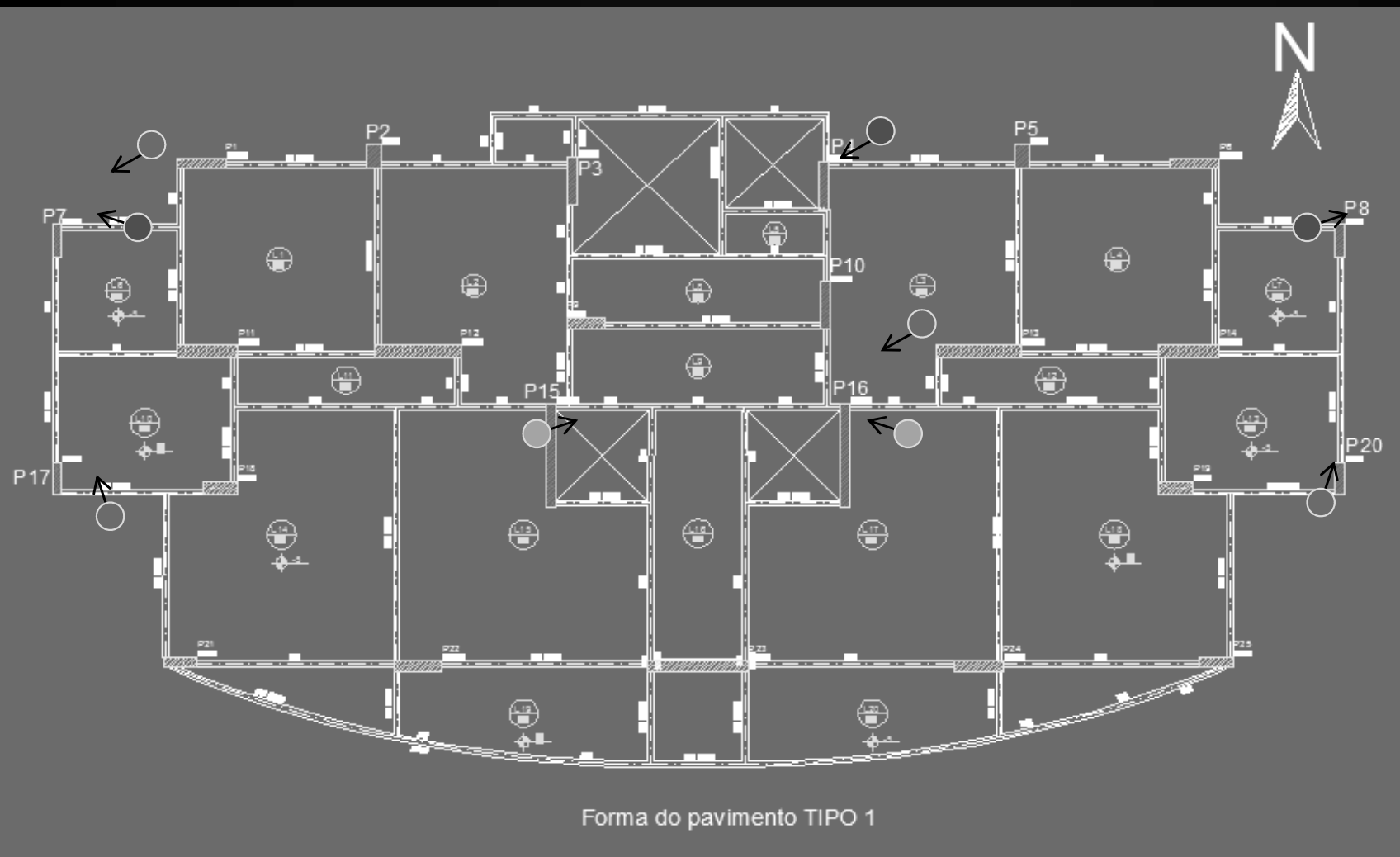
20.01.2011

35MPa





Edifício Real Class



Legenda

UFPA ○

Perícia Criminal ●

Lar Center ○

-
- ✓ não tinha rigidez
 - ✓ não atendia estribos
 - ✓ não atendia cobrimento
 - ✓ não considerou o vento
-

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

**execução das estruturas de Concreto
NBR 14931 (Construtores)**

**É 100%
confiável?**









Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos











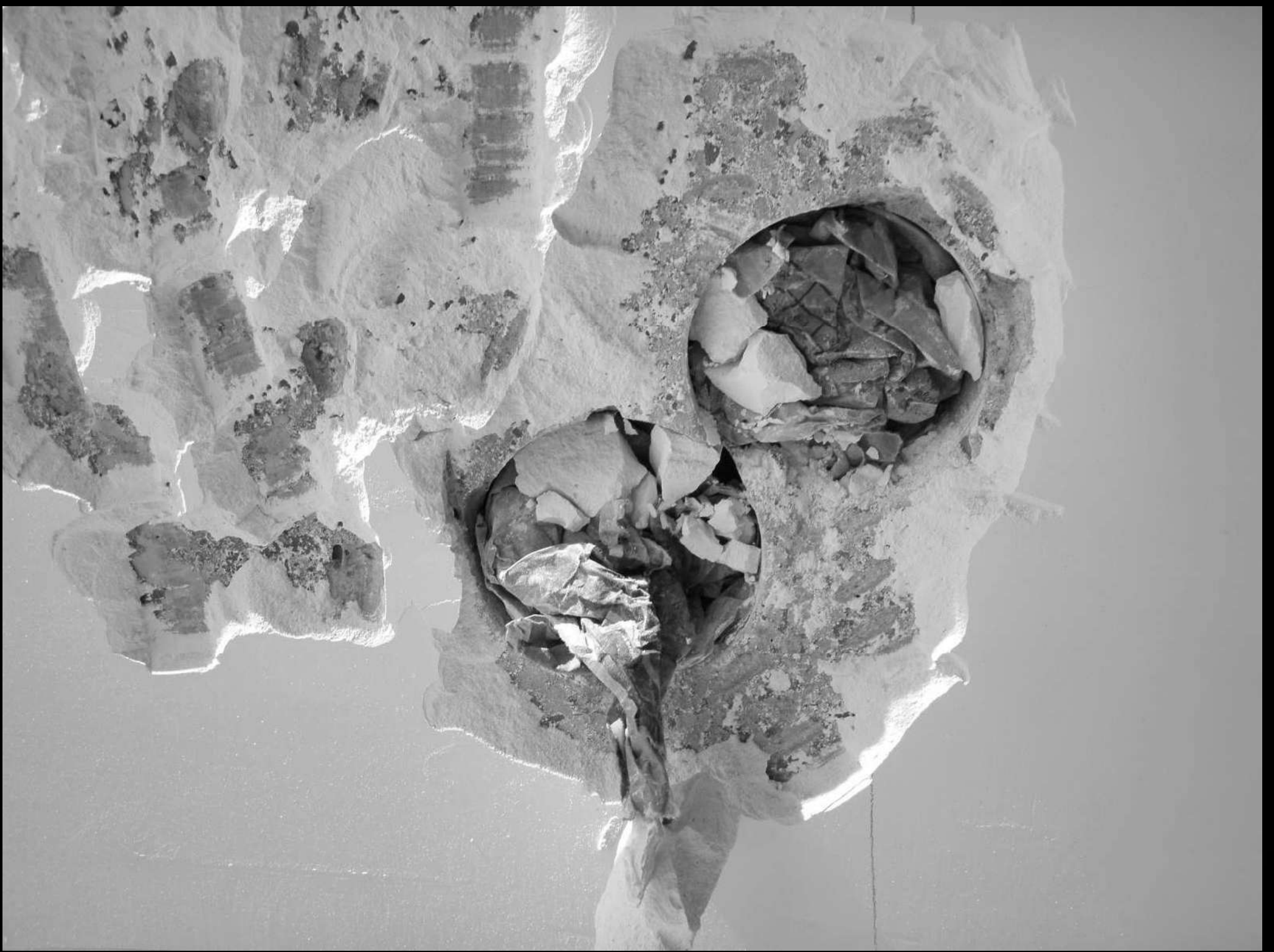














Construção

Muitas vezes uma diferença de 3MPa nos testemunhos ou corpos-de-prova moldados tornam-se motivo de intransigências enquanto nas obras é comum:



Construção



Construção

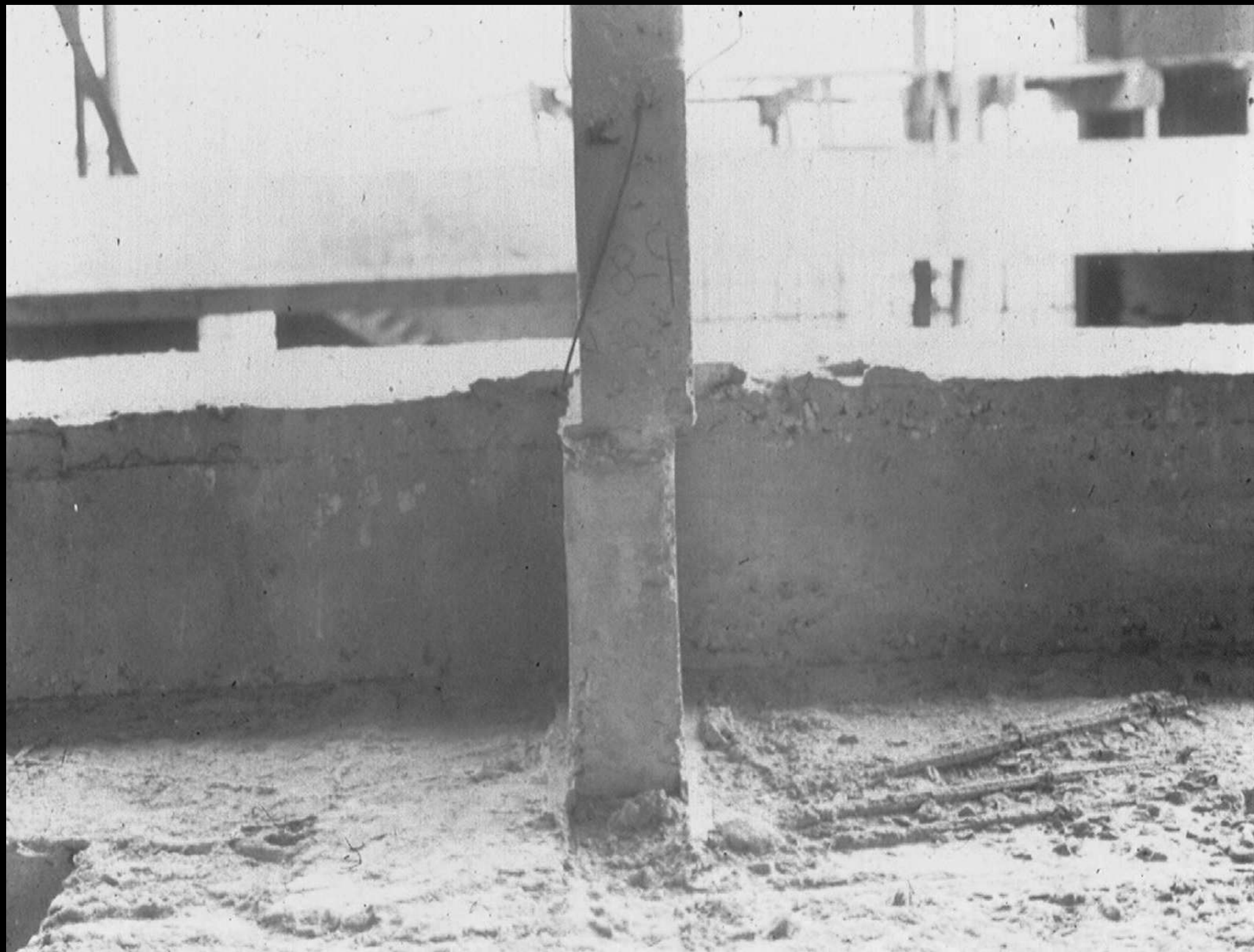


Construção



Construção





execução das estruturas de Concreto
NBR 14931 (Construtores)

**Falha de execução
além de prejuízos
estéticos pode
derrubar estrutura?**

*Edifício Areia Branca
Recife, Pernambuco
14 de outubro de 2004
quinta-feira às 20:30h*

1977 → 1979

25 anos

12 andares + térreo + 1 garagem



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes



Escombros - manhã seguinte do desabamento













Ligação pilar - sapata com redução da
seção transversal do pilar



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



> 20cm!!!

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

É 100%
confiável?

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

Não !

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

É um produto / serviço que depende de muitas variáveis:

1. Estudos de dosagem;
2. Aferição balanças;
3. Aferição prensas;
4. Conformidade laboratório;
5. Agregados (natureza, procedência, armazenamento, coleta);
6. Cimento (uniformidade, temperatura);
7. Adições (procedimentos??);
8. Aditivos (uniformidade, compatibilidade, procedimentos);
9. Água (aferição higrometro, umidade areia);
10. Balanceiro (automatizada????)
11. Motorista;
12. Bombista

CUMPLICIDADE !!!!!

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

controle

NBR 12655:2006

**É 100%
confiável?**

controle

NBR 12655:2006

**SIM ! desde
que a 100% !**

controle

NBR 12655:2006

Todas as unidades de produto;

Não é média móvel;

Não é estimativa;

Não é inferência estatística;

Combinado com MAPEAMENTO é 100%:
rastreabilidade

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

**controle realizado por
LABORATÓRIO**

**É 100%
confiável?**

controle
LABORATÓRIO

Não !





S-709

S-713

970

970

53124

0710

377

0710

53124

53124

S-712

178

014

134

278

120

14

613

53124

S-716

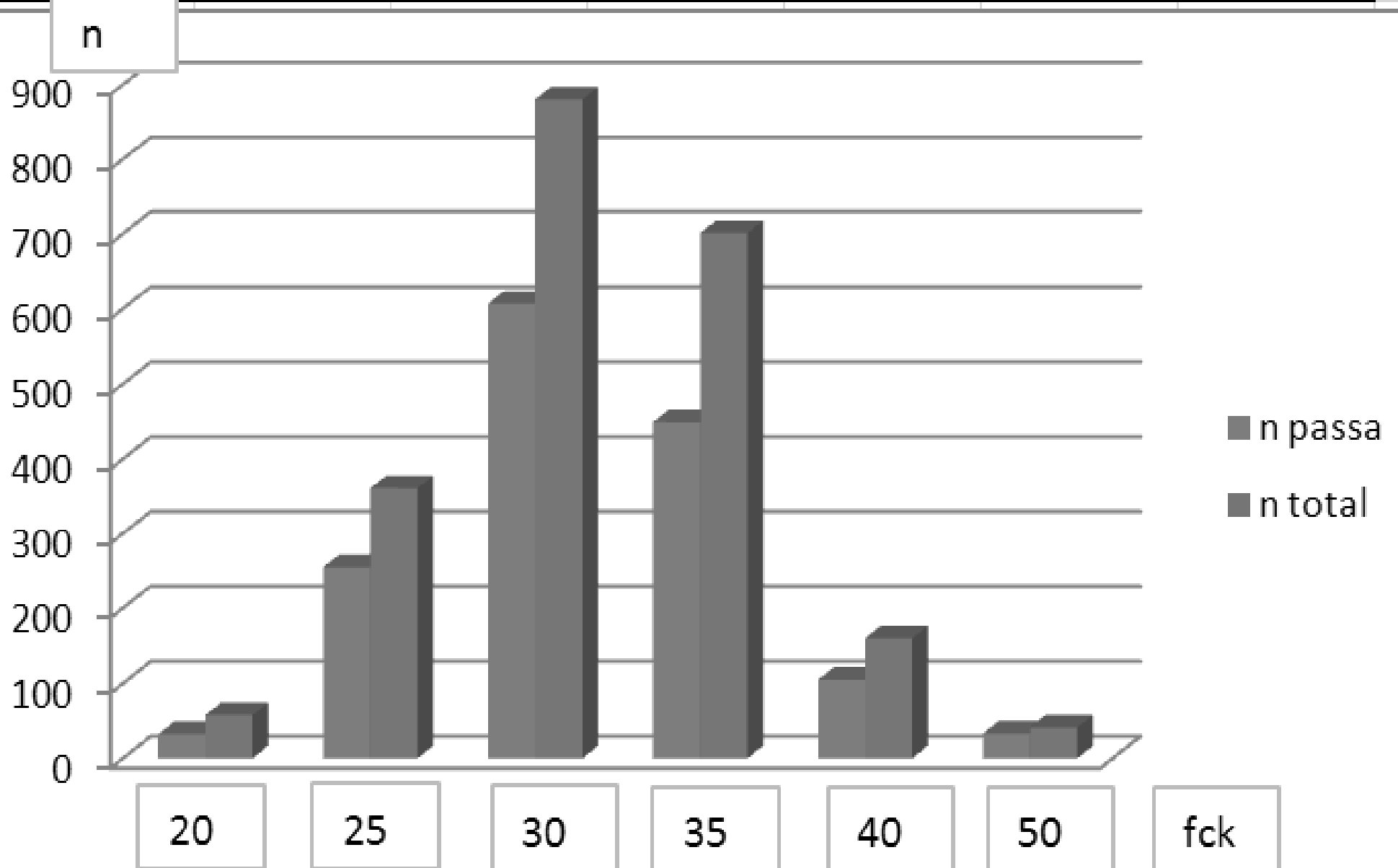
ordem	nota fiscal	consistência do concreto fresco	Resistência à Compressão		crescimento de 7 para 28 dias
			7 dias 7-Apr-09	28 dias 28-Apr-09	
1	206099	686	48.9	50.2	1.027
2	206100	736	53.6	54.8	1.022
3	206101	746	57.1	57.8	1.012
4	206102	753	51.0	51.4	1.008
5	206103	743	44.0	53.6	1.218
6	206105	726	56.2	57.7	1.027
7	206106	730	50.4	52.0	1.032
8	206109	750	56.5	57.0	1.009
9	206110	720	53.8	54.7	1.017
média em MPa			52.4	54.4	1,041
desvio padrão em MPa			4.0	2.6	
coeficiente variação em %			7.7	4.8	

Dúvidas

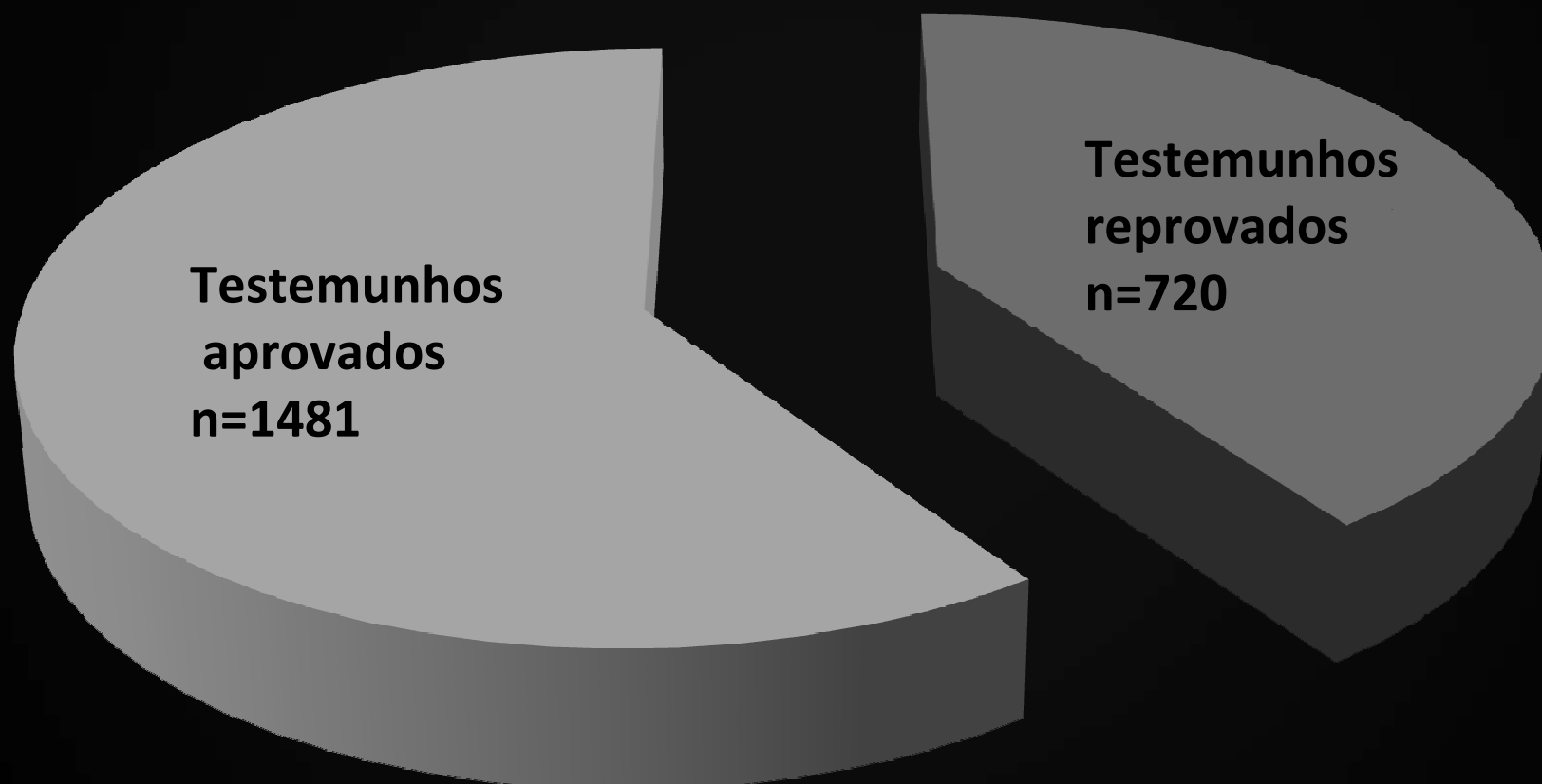
testemunhos extraídos que
demonstraram que o
resultado do corpo-de-
prova de controle nem
sempre é confiável

Quantidade de testemunhos rompidos à compressão e comparados com fck

fck	20	25	30	35	40	50
n passa	32	255	607	449	105	33
n total	58	361	880	701	160	41



Total de testemunhos extraídos e ensaiados em 2009 comparando os resultados com fck especificado



**ABCP
2009**

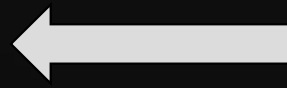
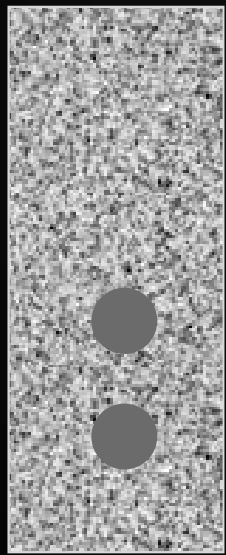
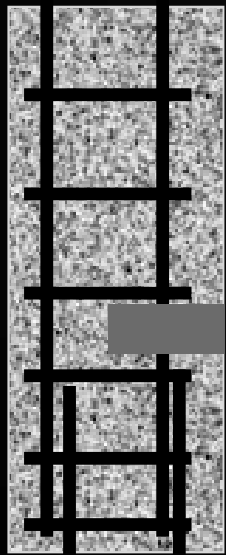
extração de testemunhos LABORATÓRIO

É 100%
confiável?

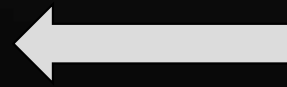
testemunhos extraídos

NBR 7680:2007; NBR 12655:2006

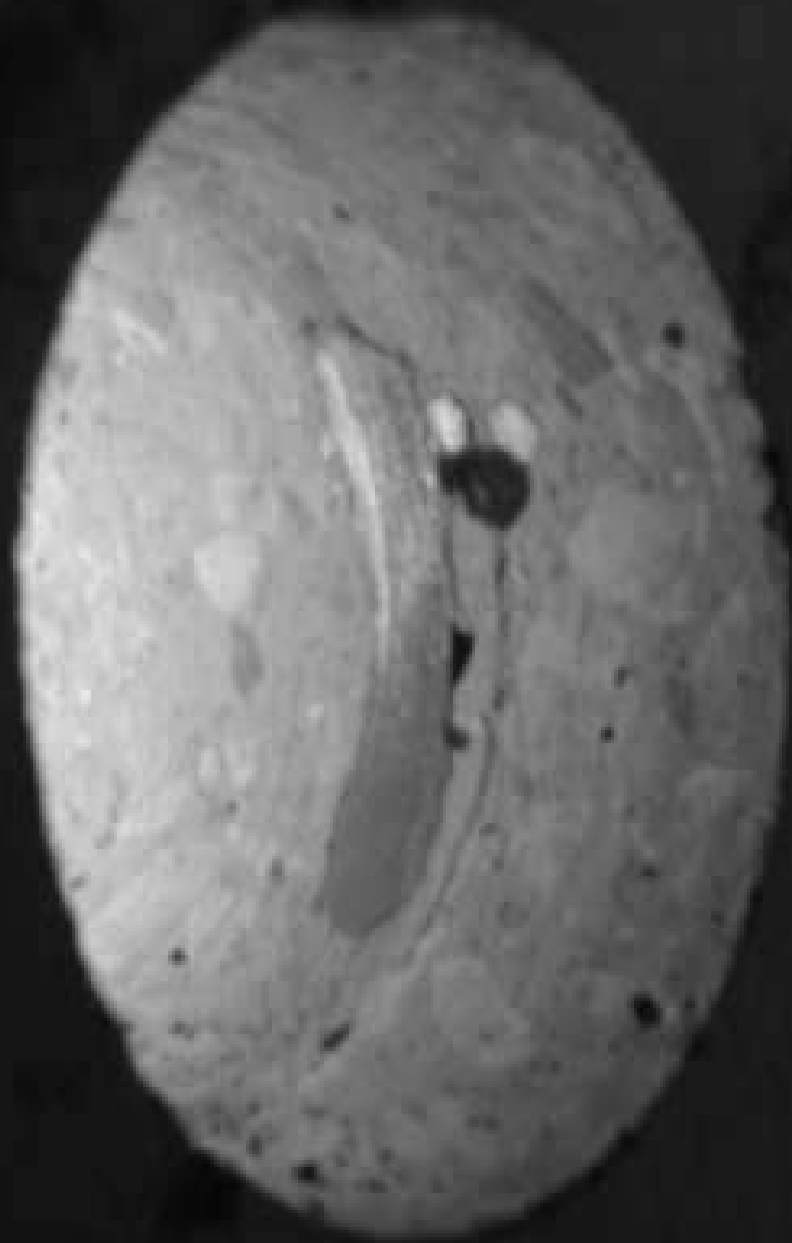
- ✓ não cortar armadura (pacômetro);
- ✓ evitar extrair de lajes, dar preferência a vigas;
- ✓ pilares evitar topo e pé, extrair logo acima dos arranques;
- ✓ pilares evitar extrair mais de um, se necessário mesma prumada;



$$0.9 \cdot f_c$$



$$f_c$$













OP P161





P106

P-25 - KINGU

109.55



Atenção ! Cuidado !

pilar de 40cm * 40cm = 1600cm²

testemunho de 10cm * 20cm

furo de 11cm * 22cm = 242cm²

> 15% da secção de concreto !











FO
CP 3
B
BA





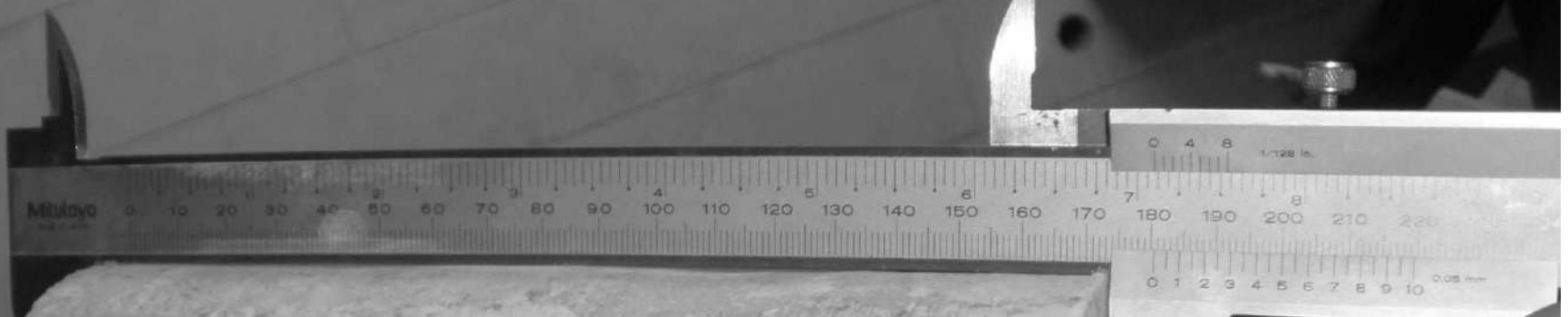




Faint circular markings and text on the left side of the object, possibly a stamp or logo.

N-7-P

33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
vonder
20°C
20N
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33









Prensa Toni Pact
Capacidad de 300 toneladas

-00 48

FAVOR RETORNAR DE
BOMBAS DE SUPTASA
APES O TERMINO EN XINAGAO
INTERAGAO

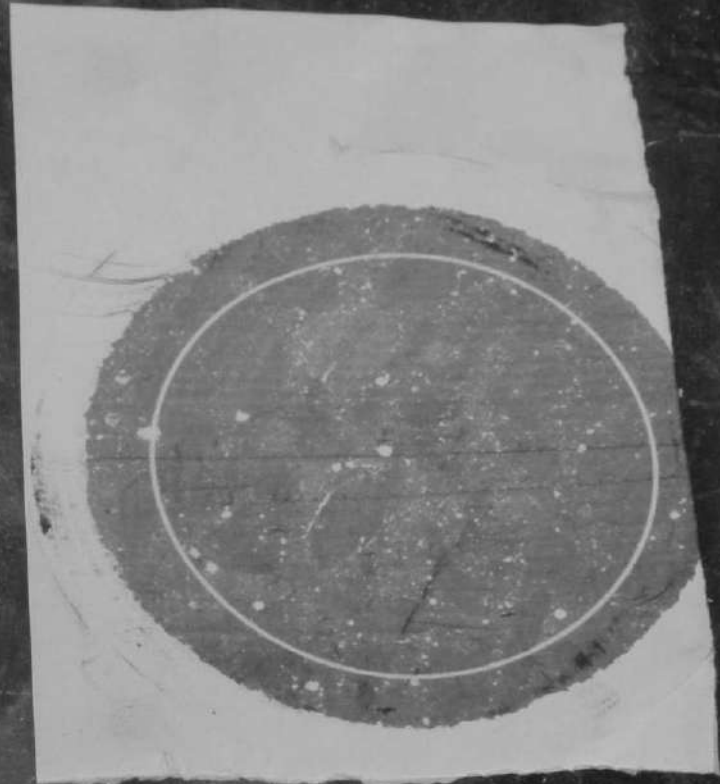
RE
TONI PACT 3000





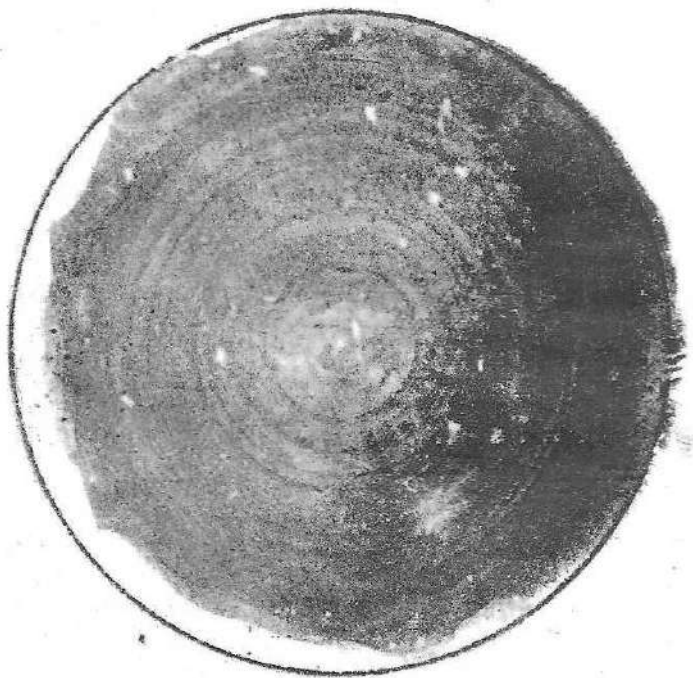


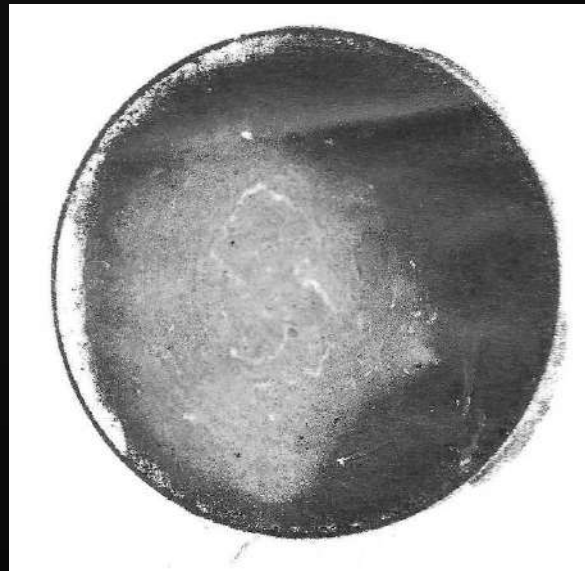
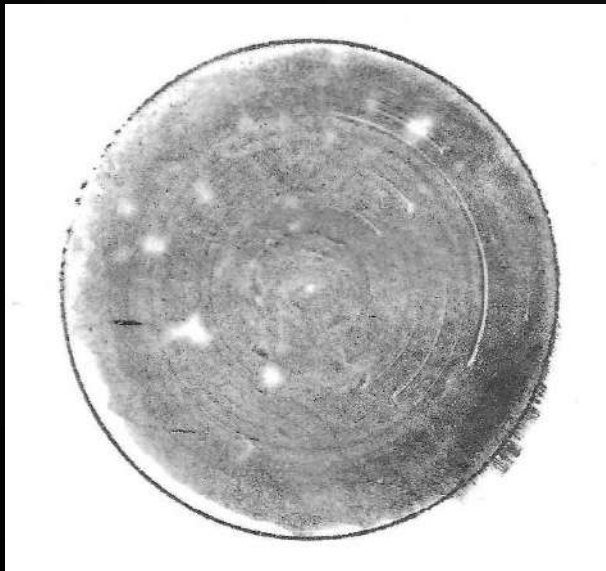
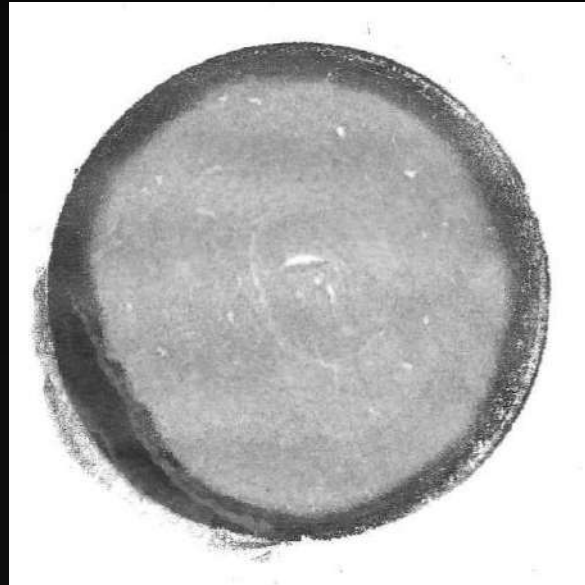
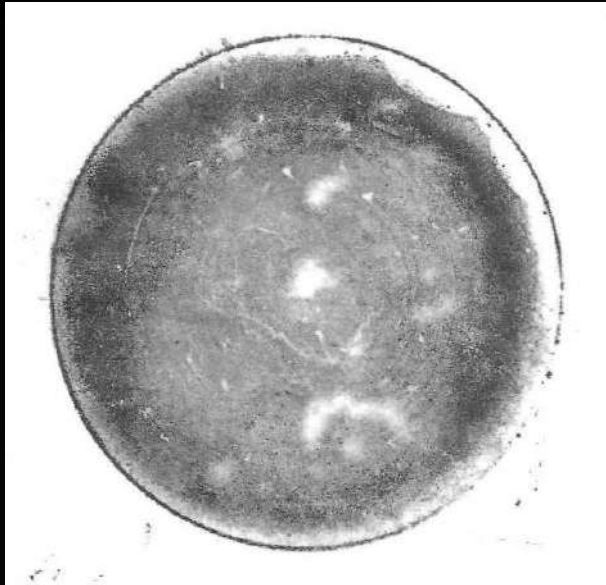




17880

19/1/10





Segurança de Estruturas Edificações

Concreto → Controle 100%

Controle → Manter critério NBR 12655

Laboratório → ???

Execução → fundamental controlar

Projeto → fundamental uniformizar

Conformidade do Concreto

*Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais*

*Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Omissão
Despreparo
Ignorância*

*“não há tecnologia
que resolva...”*



Torre Saúde
Avenida Santos Dumont, 5753
Complexo Empresarial São Mateus
Papicu
Fortaleza Ceará
100m de altura 2007

OBRIGADO!

